



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教学指导委员会审定

无机及分析化学

曲祥金 主编



中国农业出版社

全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

无机及分析化学

曲祥金 主编

中国农业出版社

图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学 / 曲祥金主编. —北京: 中国农业出版社, 2004.7

全国高等农业院校教材

ISBN 7-109-08955-X

I. 无... II. 曲... III. ①无机化学-高等学校-教材②分析化学-高等学校-教材 IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 065886 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥
责任编辑: 曾丹霞

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/16 印张: 25.5 插页: 1

字数: 601 千字

定价: 36.70 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是经全国高等农业院校教学指导委员会审定的“十五”规划教材，分为上篇（无机化学）和下篇（分析化学）两大部分。无机化学部分重点介绍了溶液与胶体、化学变化的能量关系和反应方向、化学反应速率、化学平衡、原子结构与元素周期系、化学键和分子结构、酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原反应、配位化合物、元素及其化合物选述等内容。分析化学部分的内容包括化学分析和仪器分析。每章附有思考题与习题，注重启发性，利于扩大学生知识面，提高学生分析问题、解决问题的能力。

本书重点突出，内容精简，融会新知识，具有新特点。既可作为高等农业院校化学基础课教材，也可供相关专业的教师、学生及科技工作者参考使用。

编写人员名单

主 编 曲祥金

副主编 吴明君 赵国虎 高吉刚

编 者 (以姓氏笔画为序)

王日为 白 玲 冯丽娟 曲祥金 刘金龙

杜慧玲 吴明君 赵国虎 高吉刚

审 稿 周 杰 姜 林

前 言

为适应“厚基础、宽口径、高素质、广适应”的高校人才培养模式的需要，一些高等农业院校已将无机化学、分析化学两门基础化学课程合并，开设了“无机及分析化学”课程。为此，作者结合自己多年的教学经验和全国高等农业院校教学内容和课程体系改革的研究成果，吸取近年来国内外现有同类教材的优点组织编写了这本《无机及分析化学》教材。本书具有以下特点：

1. 将原来在分析化学中讲述的酸碱平衡的处理与溶液 pH 的计算、配位反应及其特点、氧化还原反应的特点及影响氧化还原反应速率的因素等内容在无机化学部分一并讨论，分析化学中只做必要的补充和完善，在此基础上详细讨论各种分析方法。这样既能将无机化学和分析化学两个教学体系的内容紧密联系起来，减少重复、精简学时、减轻学生负担，又能保留原有知识点的系统性和独立性。

2. 在无机化学部分，把化学热力学的基本原理较早地融入一年级的教学内容之中。通过对化学反应过程中的能量关系、化学反应的方向和限度等知识的理解，认识化学平衡和化学反应速率问题，进而认识酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原平衡和配位平衡，提高学生综合运用知识、认识事物的能力。

3. 鉴于生物学的发展和生物学类专业的需要，本书在大部分章节之后增加了本章概念和方法在生物学中的应用，便于学生理解化学基础课程与所学专业的关系。

4. 各章所选例题和习题，注意增加一些与农业科学和生物科学相关的知识，形式多样化，且具有一定的深度和广度，有利于培养和提高学生的思维能力和化学综合素质。

5. 文字精炼、表达严谨、层次分明、图文并茂。书中标注*的章节，供教师根据具体情况选用或供学生自学参考。

教材采用国家标准(GB)规定的计量单位和符号。

参加本书编写的有：山东农业大学高吉刚(第一、二、三章)、曲祥金(第十二、十三、十四章)、王日为(第二十一、二十二章)，山西农业大学杜慧玲(第四、五、六章)、刘金龙(第八、十八、二十章)，甘肃农业大学赵国虎(第七、十五章)，中国海洋大学冯丽娟(第九、十七章)，江西农业大学白玲(第十、十六章)，四川农业大学吴明君(第十一、十九章)。曲祥金任本书主编，吴明君、赵国虎、高吉刚任副主编。

本书在编写过程中，得到山东农业大学化学与材料科学学院教授、博士生导师

周杰博士的大力支持，在百忙中给予指导并亲自参与制订编写计划。全书由周杰、姜林两位教授审阅、定稿。山东农业大学及参加本书编写的各校领导、教务处及院系领导也给予了关怀和大力支持，在此一并致谢。

由于编者水平有限，书中缺点和错误在所难免，恳请专家、同行以及使用本书的教师和同学们批评指正。

编 者

2004年3月

59

.. 62

.... 63

目 录

前言

上 篇

第一章 溶液与胶体	1
1.1 溶液组成量度的表示方法	1
1.2 非电解质稀溶液的依数性	5
1.2.1 溶液的蒸气压下降	5
1.2.2 溶液的沸点上升和凝固点下降	6
1.2.3 溶液的渗透压	9
1.3 胶体	10
1.3.1 分散度与表面能	10
1.3.2 气体在固体表面上的吸附	11
1.3.3 溶液内固-液界面上的吸附	11
1.3.4 溶胶的性质	12
1.3.5 胶团结构	13
1.3.6 溶胶的双电层结构和电动电势	15
1.3.7 溶胶的稳定性和聚沉	15
1.3.8 高分子溶液及凝胶	16
1.4 表面活性物质和乳浊液	17
1.4.1 表面活性物质	17
1.4.2 乳浊液	18
思考题	18
习题	19
第二章 化学变化的能量关系和反应方向	21
2.1 基本概念	21
2.1.1 系统和环境	21
2.1.2 状态与状态函数	22
2.1.3 过程和途径	22
2.1.4 热、功和热力学能	23

2.2 焓和焓变	23
2.2.1 能量守恒与转化——热力学第一定律	23
2.2.2 焓和焓变	24
2.2.3 盖斯定律	25
2.3 化学反应焓变的计算	28
2.3.1 标准生成焓法	28
2.3.2 标准摩尔燃烧焓法	30
2.4 化学反应的方向	31
2.4.1 化学反应的自发性	31
2.4.2 熵	32
2.4.3 自由能	33
2.4.4 吉布斯—亥姆霍兹方程	36
2.5 生化标准状态	38
思考题	38
习题	39
第三章 化学反应速率	42
3.1 化学反应速率	42
3.1.1 化学反应速率的表示方法	42
3.1.2 基元反应与非基元反应	43
3.2 反应速率理论简介	44
3.2.1 双分子反应的碰撞理论	44
3.2.2 过渡状态理论	45
3.3 影响化学反应速率的因素	46
3.3.1 浓度对化学反应速率的影响	46
3.3.2 温度对化学反应速率的影响	49
3.3.3 催化剂对化学反应速率的影响	51
思考题	53
习题	54
第四章 化学平衡	56
4.1 化学平衡和平衡常数	56
4.1.1 化学平衡	56
4.1.2 平衡常数	56
4.1.3 自由能变与平衡常数	
4.1.4 化学平衡中的有关计算	
4.2 化学平衡的移动	

4.2.1 浓度或压力对化学平衡的影响	63
4.2.2 温度对化学平衡的影响	65
思考题	67
习题	67
第五章 原子结构与元素周期系	69
5.1 玻尔理论	69
5.1.1 氢原子光谱	69
5.1.2 玻尔理论	70
5.2 核外电子运动的特殊性及其运动状态的描述	71
5.2.1 微观粒子的波粒二象性	71
5.2.2 波函数和原子轨道	72
5.2.3 几率密度和电子云	73
5.2.4 四个量子数	73
5.2.5 波函数和电子云的空间图像	74
5.3 多电子原子核外电子排布	76
5.3.1 屏蔽效应和钻穿效应	77
5.3.2 多电子原子的原子轨道近似能级图	77
5.3.3 多电子原子核外电子排布	77
5.4 原子结构与元素周期系	79
5.4.1 原子的电子层结构与元素周期系	79
5.4.2 原子结构与元素性质的周期性变化	80
思考题	82
习题	83
第六章 化学键和分子结构	85
6.1 离子键	85
6.1.1 离子键的形成特点	85
6.1.2 离子的结构特征	86
6.2 共价键	87
6.2.1 现代价键理论	87
6.2.2 杂化轨道理论	89
6.2.3 分子轨道理论简介	93
6.3 分子的极性和离子的极化	95
6.3.1 分子的极性	95
6.3.2 分子的极化	96
6.3.3 离子的极化	96

6.4 分子间力和氢键	97
6.4.1 分子间力	97
6.4.2 氢键	98
6.5 晶体	99
思考题	100
习题	100
第七章 酸碱平衡	102
7.1 电解质溶液	102
7.1.1 强电解质与弱电解质	102
7.1.2 活度	103
* 7.1.3 离子强度	103
7.2 水溶液中的酸碱平衡	103
7.2.1 酸碱定义	104
7.2.2 酸碱反应和共轭酸碱对	104
7.3 水溶液中酸碱平衡的处理方法	105
7.3.1 物料平衡式(MBE)	105
7.3.2 电荷平衡式(CBE)	105
7.3.3 质子条件(PBE)	106
7.4 酸碱型体的分布和分布分数	107
7.4.1 一元酸(碱)各型体的分布	107
7.4.2 多元酸(碱)各型体的分布	108
7.5 酸碱解离平衡及溶液的 pH	109
7.5.1 强酸(碱)溶液	109
7.5.2 一元弱酸(碱)溶液	110
7.5.3 多元弱酸(碱)溶液	111
7.5.4 两性物质溶液	112
7.6 酸碱解离平衡的移动	114
7.6.1 解离度及其与解离平衡常数的关系	114
7.6.2 同离子效应和异离子效应	114
7.7 缓冲溶液	115
7.7.1 缓冲溶液的组成与缓冲作用原理	116
7.7.2 缓冲溶液 pH 的计算	116
7.7.3 缓冲容量和缓冲范围	117
7.7.4 缓冲溶液的配制	118
思考题	119
习题	120

第八章 沉淀溶解平衡	122
8.1 沉淀溶解平衡	122
8.1.1 溶度积	122
8.1.2 溶度积和溶解度	123
* 8.1.3 溶度积与自由能	124
8.2 沉淀的生成和溶解	124
8.2.1 溶度积规则	124
8.2.2 沉淀的生成与分步沉淀	125
8.2.3 沉淀的溶解	127
8.2.4 沉淀的转化	129
8.3 沉淀反应及其应用	130
8.3.1 沉淀反应与无机物制备	130
8.3.2 沉淀反应用于定性分析	130
8.3.3 沉淀反应用于沉淀滴定及重量分析	130
思考题	131
习题	131
第九章 氧化还原反应	133
9.1 氧化还原反应	133
9.1.1 氧化数	133
9.1.2 氧化还原反应的基本概念	134
9.1.3 氧化还原反应方程式的配平	135
9.2 原电池和电极电势	137
9.2.1 原电池	137
9.2.2 电极电势	138
9.2.3 标准电极电势	138
9.3 影响电极电势的因素	140
9.3.1 能斯特方程	140
9.3.2 浓度对电极电势的影响	141
9.3.3 酸度对电极电势的影响	141
9.4 电极电势的应用	142
9.4.1 氧化还原反应自由能变与原电池电动势	142
9.4.2 判断氧化还原反应进行的方向	142
9.4.3 判断氧化还原反应进行的程度	143
9.4.4 选择合适的氧化剂和还原剂	144
9.5 元素的标准电极电势图	144

9.5.1 元素的标准电极电势图	144
9.5.2 标准电极电势图的应用	145
思考题	147
习题	147
第十章 配位化合物	150
10.1 配合物的基本概念	150
10.1.1 配合物的定义和组成	150
10.1.2 配合物的化学式和命名	153
10.2 配合物的价键理论	154
10.2.1 配合物价键理论的基本要点	154
10.2.2 配合物的空间构型	154
10.2.3 外轨型配合物与内轨型配合物	157
10.2.4 配合物的磁性	158
10.3 晶体场理论简介	159
10.3.1 晶体场理论基本要点	160
10.3.2 中心原子 d 轨道在晶体场中的能级分裂	160
10.3.3 晶体场理论的应用	162
10.4 价层电子对互斥理论	164
10.5 配离子的配合解离平衡	166
10.5.1 常见的配位反应	166
10.5.2 配位平衡和配位平衡常数	167
10.5.3 配合平衡的移动	170
10.6 螯合物	175
10.6.1 螯合物的形成	175
10.6.2 螯合物的稳定性	176
10.7 配(螯)合物的应用	177
10.7.1 在生命科学中的应用	177
10.7.2 在分析化学中的应用	178
思考题	179
习题	181
第十一章 元素及其化合物选述	183
11.1 非金属元素及其化合物	183
11.1.1 卤素	183
11.1.2 氧、硫	185
11.1.3 氮、磷	186

11.1.4 碳、硅	187
11.2 金属元素及其化合物	189
11.2.1 钠、钾、钙、镁	189
11.2.2 铜、银、锌、汞	191
11.2.3 钒、铬、钨、锰	193
11.2.4 铁、钴	195
11.2.5 稀土元素	196
11.3 一些常见离子的分别鉴定	196
11.3.1 阳离子的分别鉴定	196
11.3.2 阴离子的分别鉴定	197
思考题	199

下 篇

第十二章 分析化学概论	201
12.1 分析化学的任务和作用	201
12.2 分析方法的分类	201
12.3 定量分析的一般程序	202
12.4 分析化学的发展趋势	203
思考题	203
第十三章 定量分析的误差和数据处理	204
13.1 有效数字及其运算规则	204
13.1.1 有效数字	204
13.1.2 有效数字位数的确定	204
13.1.3 有效数字的修约规则	205
13.1.4 有效数字的计算规则	205
13.2 误差的种类和来源	205
13.2.1 系统误差	206
13.2.2 随机误差(偶然误差)	206
13.2.3 准确度和精密度	206
13.3 提高分析结果准确度的方法	209
13.3.1 选择合适的分析方法	209
13.3.2 检验并消除系统误差	209
13.3.3 减小随机误差	210
13.3.4 减小测量的相对误差	210

13.4 分析数据的处理	210
13.4.1 置信区间与分析结果的表示	210
13.4.2 可疑值的取舍	212
13.4.3 显著性检验法	213
13.4.4 回归分析	215
思考题	217
习题	217
第十四章 滴定分析法概述	219
14.1 滴定分析对化学反应的要求及滴定方式	219
14.1.1 滴定分析对化学反应的要求	219
14.1.2 滴定方式	220
14.2 滴定分析的标准溶液	220
14.2.1 标准溶液和基准物质	220
14.2.2 标准溶液浓度的表示方法	222
14.3 滴定分析的计算	222
14.3.1 滴定分析计算的依据和基本公式	222
14.3.2 计算实例	224
思考题	227
习题	228
第十五章 酸碱滴定法	230
15.1 酸碱指示剂	230
15.1.1 酸碱指示剂的作用原理	230
15.1.2 酸碱指示剂的变色点和变色范围	231
15.1.3 影响指示剂变色范围的因素	232
15.1.4 混合指示剂	233
15.2 酸碱滴定曲线和指示剂的选择	234
15.2.1 强酸强碱的滴定	234
15.2.2 强碱滴定一元弱酸	236
15.2.3 强酸滴定一元弱碱	238
15.2.4 多元酸的滴定	239
15.2.5 多元碱的滴定	240
15.2.6 酸碱滴定中 CO_2 的影响	241
15.3 酸碱滴定法的应用	242
15.3.1 酸碱标准溶液的配制和标定	242
15.3.2 应用实例	243

思考题	245
习题	246
第十六章 配位滴定法	248
16.1 概述	248
16.2 EDTA 及其与金属离子的配位反应	248
16.2.1 EDTA 的性质及其解离平衡	248
16.2.2 EDTA 与金属离子配位反应的特点	249
16.3 配位反应的副反应系数和条件稳定常数	250
16.3.1 酸效应和酸效应系数	250
16.3.2 配位效应和配位效应系数	253
16.3.3 条件稳定常数	253
16.4 配位滴定法的基本原理	254
16.4.1 配位滴定曲线	254
16.4.2 影响滴定突跃的主要因素	256
16.4.3 直接准确滴定的判据和最高酸度	257
16.5 金属指示剂	259
16.5.1 金属指示剂的作用原理	259
16.5.2 金属指示剂应具备的条件	259
16.5.3 金属指示剂的选择	259
16.5.4 常用的金属指示剂	260
* 16.5.5 金属指示剂的封闭、僵化及氧化变质现象	262
16.6 提高配位滴定选择性的方法	262
16.6.1 控制溶液的酸度	263
16.6.2 利用掩蔽和解蔽	263
16.6.3 用其他配位剂滴定	264
16.6.4 预先分离	265
16.7 配位滴定法的应用	265
16.7.1 EDTA 标准溶液的配制和标定	265
16.7.2 配位滴定方式及应用	266
思考题	268
习题	268
第十七章 氧化还原滴定法	270
17.1 条件电极电势	270
17.2 滴定分析对氧化还原电势差的要求	272
17.3 氧化还原滴定法的基本原理	273

17.3.1 滴定曲线	273
17.3.2 滴定突跃	275
17.4 氧化还原滴定的指示剂	276
17.4.1 自身指示剂	276
17.4.2 特殊指示剂	276
17.4.3 氧化还原型指示剂	276
17.5 高锰酸钾法	277
17.5.1 概述	277
17.5.2 高锰酸钾标准溶液的配制和标定	278
17.5.3 应用实例	279
17.6 重铬酸钾法	280
17.6.1 概述	280
17.6.2 应用实例	280
17.7 碘量法	281
17.7.1 概述	281
17.7.2 标准溶液的配制和标定	281
17.7.3 应用实例	282
17.8 氧化还原滴定法的预处理	283
思考题	284
习题	284
第十八章 沉淀滴定法	286
18.1 沉淀滴定曲线	286
18.2 莫尔法	287
18.2.1 原理	287
18.2.2 滴定条件	287
18.2.3 莫尔法的适用范围和应注意的问题	288
18.3 佛尔哈德法	288
18.3.1 原理	288
18.3.2 滴定条件	288
18.3.3 佛尔哈德法的适用范围和应注意的问题	289
18.4 法扬司法	289
18.5 沉淀滴定法的应用	290
18.5.1 可溶性氯化物中氯的测定	290
18.5.2 银合金中银含量的测定	290
18.5.3 有机卤化物中卤素含量的测定	291
思考题	291